

UJI KINERJA TURBIN MIKRO HIDRO DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU BERBENTUK SETENGAH LINGKARAN

Akhmad Farid, Asroful Humam

Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

Email : humamasroful@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik dalam kehidupan manusia tiap tahun semakin meningkat seiring kemajuan teknologi baik untuk kepentingan rumah tangga atau industri. Karena itu dibutuhkan upaya pengembangan dan pemanfaatan energi alternatif yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase peningkatan kinerja turbin air dengan sudu berbentuk setengah lingkaran dengan menggunakan variasi jumlah sudu 8, 10, dan 12. Dimensi sudu diameter 10 cm dengan panjang 5 cm dan diameter puli 7 cm. Penelitian dilakukan dalam bentuk miniatur dengan sumber utama air diperoleh dengan bantuan pompa sentrifugal untuk mengisap air dari tandon dengan kecepatan mesin pompa dalam posisi stasioner atau stabil. Dalam penelitian digunakan beban f (kg) 0 kg, 2 kg, dan 4 kg dengan hasil debit air yang dikeluarkan 4,6 l/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jumlah sudu 10 paling efektif dengan nilai torsi = 0,14 kg.m, daya aktual (BHP) = 1,479 watt, daya teoritis (WHP) = 18,400 watt, serta efisiensi = 8,03 %. Sudu 10 merupakan sudu yang paling baik digunakan pada uji coba mikrohidro aliran arus bawah karena menghasilkan efisiensi yang paling besar dibanding jumlah sudu 8 dan sudu 12.

Kata kunci : *sudu setengah lingkaran, daya turbin, efisiensi turbin, variasi jumlah sudu*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dengan perkembangan zaman sekarang yang semakin meningkat dan teknologi yang semakin canggih, kebutuhan akan energi semakin meningkat pula, sehingga energi merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam pengembangan suatu negara atau suatu daerah. Oleh karena itu pemanfaatan energi secara tepat guna sangat penting dalam perkembangan negara. Tidak dapat dipungkiri lagi manusia tidak lepas akan ketergantungan listrik. Saat ini semua kegiatan membutuhkan listrik. Sebagian besar negara-negara di dunia termasuk Indonesia, suplai energi listrik yang digunakan masih mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil yaitu minyak bumi, gas alam, dan batu bara yang terbatas jumlahnya. Agar energi listrik tidak semakin mahal, maka perlu dilakukan upaya lain untuk membantu mengatasinya. Salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi di Indonesia adalah pemanfaatan energi air. Bila energi air tersebut dimanfaatkan dengan baik maka akan sangat membantu dalam penghematan energi listrik. Energi air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Tenaga air adalah tenaga yang diperoleh dari aliran air. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam bentuk energi mekanis maupun energi listrik.

Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air (roda air) atau turbin air yang memanfaatkan adanya air terjun atau

aliran sungai. Bentuk profil setengah lingkaran merupakan salah satu bentuk profil yang memiliki nilai koefisien drag yang tinggi setelah plat datar. Semakin besar nilai koefisien drag yang dimiliki oleh sebuah profil, maka semakin besar kemampuannya untuk memanfaatkan tenaga air yang menghantamnya.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil kinerja yang maksimal pada variasi jumlah sudu berbentuk setengah lingkaran, dan untuk mengetahui besar pengaruh turbin mikrohidro terhadap variasi jumlah sudu berbentuk setengah lingkaran.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air memanfaatkan energi potensial dan energi kinetik air yang dikonversikan menjadi daya angular oleh turbin air. Sederhananya air yang bergerak menggerakkan turbin, turbin memutar generator dan energi listrik dihasilkan. Banyak komponen lain terdapat dalam sistem tetapi semuanya dimulai dengan energi pada air tersebut.

Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga air diklasifikasikan menurut besarnya kapasitas daya yang dihasilkan. Klasifikasi pembangkit listrik tenaga air ditampilkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 : Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tipe	Kapasitas
Pico Hidro	<500W
Mikro Hidro	1-100 KW
Mini Hidro	100-1000 KW
Small Hidro	1-15 KW
Medium Hidro	15-100 MW
Large Hidro	>100 MW

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit air yang memiliki kapasitas 1-100 KW. Pembangkit ini merupakan tipe pembangkit tenaga air yang sesuai diterapkan di lokasi-lokasi yang memiliki tinggi jatuh rendah dan aliran air yang tidak terlalu banyak.

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro mempunyai kelebihan dalam hal biaya operasi yang rendah jika dibandingkan dengan pembangkit listrik yang lain, karena mikrohidro memanfaatkan energi sumber daya alam yang dapat diperbarui, yaitu sumber daya air. Dengan ukurannya yang kecil penerapan mikrohidro relatif mudah dan tidak merusak lingkungan. Rentang penggunaannya cukup luas, terutama untuk menggerakkan peralatan atau mesin-mesin yang tidak memerlukan persyaratan stabilitas tegangan yang akurat.

Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga mikro hidro yaitu memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air yang ada pada saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air yang bertekanan (dihasilkan oleh tinggi jatuh) menciptakan gaya yang memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya akan memutar generator yang menghasilkan listrik. Semakin tinggi jatuh atau semakin banyak debit air akan menghasilkan listrik yang lebih banyak.

Turbin Air

Turbin air termasuk dalam kelompok mesin-mesin fluida yaitu, mesin-mesin yang berfungsi untuk merubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetis air) menjadi energi mekanis atau sebaliknya. Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut,

dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut.

RANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan membuat variasi jumlah sudu yang berbeda-beda dengan profil sudu berbentuk setengah lingkaran. Peralatan dibuat dalam skala laboratorium. Desain dan miniatur jadi peralatan penelitian tampak pada Gambar 1 dan 2.

Rancang Instalasi Alat Uji



Gambar 1: Rancangan Alat Uji



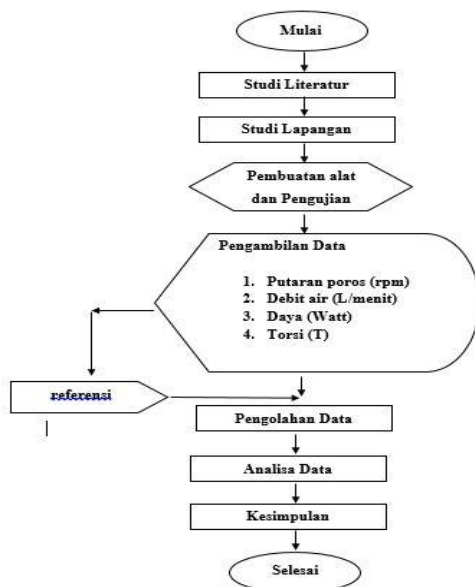
Gambar 2 Alat Uji Turbin Mikro Hidro

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan mengikuti prosedur berikut ini :

1. Membuat prototipe/miniatur produk aliran air arus bawah.
2. Membuat turbin dari bahan akrilik dengan diameter 20 cm, jari jari = 10 cm.
3. Menyiapkan dan memasang semua instalasi penelitian.
4. Memasang alat ukur yang dibutuhkan.
5. Mengecek kondisi alat ukur beserta alat pendukung lainnya.
6. Menvariasikan bentuk sudu turbin sesuai dengan bentuk sudu yang telah ditetapkan yaitu variasi 8 sudu, 10 sudu dan 12 sudu.
7. Menghidupkan pompa untuk menyalurkan air.

8. Mengatur debit air dengan cara menghitung atau mengukur aliran air dengan menggunakan metode waktu pengisian.
9. Mengukur putaran poros turbin dengan alat tachometer memberi beban secara pelan-pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi putaran yg diinginkan. Kemudian mencatat setiap variasi pengukuran putaran turbin sampai turbin berhenti berputar.
10. Pengujian pada bentuk sudu dilakukan tiga kali pengulangan untuk mendapatkan data pengujian yang akurat.
11. Mengulang langkah nomor satu sampai dengan kedelapan pada variasi bentuk sudu yang lain.
12. Mengolah data penelitian yang didapatkan.
13. Mengolah dan menganalisa data penelitian yang didapatkan untuk mengetahui hubungan antara variabel yang telah ditentukan.
14. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian pada Turbin Air arus bawah dengan menggunakan variasi jumlah sudu berbentuk setengah lingkaran, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari Torsi, Daya Turbin (BHP), Daya Teoritis (WHP), dan Efisiensi Turbin, dimana hasil pengujian yang dilakukan mengikuti 3 variasi beban, yaitu beban 0 kg, 2 kg, dan 4 kg pada debit air 4,6 l/s. Dari pengujian diambil rata-rata pengukuran. Data hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 2, hasil

perhitungan pada Tabel 3. Data diuji beda dengan menggunakan statistik inferensial SPSS v.17

Tabel 2 Data hasil penelitian

No	Variasi Jumlah Sudu	Debit Air Q (l/s)	Beban F (kg)	Torsi (kg)	Putaran Poros N (rpm)	Rata-Rata
1	8	4,6	0	0	216	215,3
					217	
					213	
	8	4,6	2	0,07	138	138
					135	
					141	
	8	4,6	4	0,14	56	60,3
					63	
					62	
2	10	4,6	0	0	211	202,7
					198	
					199	
	10	4,6	2	0,07	118	135
					118	
					115	
	10	4,6	4	0,14	102	101
					102	
					99	
3	12	4,6	0	0	223	220
					219	
					218	
	12	4,6	2	0,07	124	126,7
					129	
					127	
	12	4,6	4	0,14	71	72
					72	
					73	

Tabel 3 Data Hasil Perhitungan

No	Variasi Jumlah Sudu	Debit Q (l/s)	Beban F (kg)	Torsi T (kg.m)	Putaran Poros n (RPM)	Σ rpm	Daya Turbin BHP (Watt)	Σ BHP	Daya Teoritis WHP (Watt)	Efisiensi (%)
1	a. Sudu 8	4,6	0	0	216	215,3	0	0	18,400	0
					217		0			
					213		0			
	b. Sudu 8	4,6	2	0,07	138	138	101,108	1,011	18,400	0,0549
					135		0,9891			
					141		1,03306			
	c. Sudu 8	4,6	4	0,14	56	60,3	0,820	0,883	18,400	0,0479
					63		0,923			
					62		0,908			
2	a. Sudu 10	4,6	0	0	211	202,7	0	0	18,400	0
					198		0			
					199		0			
	b. Sudu 10	4,6	2	0,07	118	135	0,864	0,186	18,400	0,0465
					118		0,864			
					115		0,842			
	c. Sudu 10	4,6	4	0,14	102	101	1,494	1,479	18,400	0,0803
					102		1,494			
					99		1,45			
3	a. Sudu 12	4,6	0	0	223	220	0	0	18,400	0
					219		0			
					218		0			
	b. Sudu 12	4,6	2	0,07	124	126,7	0,908	0,927	18,400	0,0503
					129		0,945			
					127		0,93			
	c. Sudu 12	4,6	4	0,14	71	72	1,04	1,054	18,400	0,0572
					72		1,055			
					73		1,069			

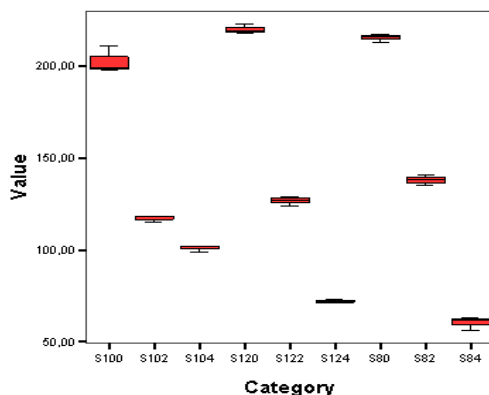
Tabel 4 Data untuk pengujian statistik

S80	S82	S84	S100	S102	S104	S120	S122	S124
216	138	56	211	118	102	223	124	71
217	135	63	198	118	102	219	129	72
213	141	62	199	115	99	218	127	73

Catatan : S80 : sampel sudu 8 pada beban 0 kg. Penamaan lainnya mengikuti aturan itu

Tabel 5 Hasil uji beda statistik dengan SPSS

Paired Samples Test									
		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	S80 - S82	77,33333	5,03322	2,90593	64,83011	89,83655	26,612	2	,001
Pair 2	S80 - S84	155,00000	4,58258	2,64575	143,61625	166,38375	58,584	2	,000
Pair 3	S82 - S84	77,66667	5,13160	2,96273	64,91906	90,41427	26,215	2	,001
Pair 4	S100 - S102	85,66667	6,65833	3,84419	69,12646	102,20687	22,285	2	,002
Pair 5	S100 - S104	101,66667	6,65833	3,84419	85,12646	118,20687	26,447	2	,001
Pair 7	S120 - S122	93,33333	4,93288	2,84800	81,07937	105,58729	32,772	2	,001
Pair 8	S120 - S124	148,00000	3,60555	2,08167	139,04331	156,95669	71,097	2	,000
Pair 9	S122 - S124	54,66667	2,08167	1,20185	49,49552	59,83781	45,485	2	,000
Pair 10	S80 - S100	12,66667	7,09460	4,09607	-4,95729	30,29063	3,092	2	,091
Pair 11	S80 - S120	-4,66667	2,51661	1,45297	-10,91828	1,58494	-3,212	2	,085
Pair 12	S100 - S120	-17,33333	4,72582	2,72845	-29,07291	-5,59376	-6,353	2	,024
Pair 13	S82 - S102	21,00000	4,58258	2,64575	9,61625	32,38375	7,937	2	,016
Pair 14	S82 - S122	11,33333	4,61880	2,66667	-,14041	22,80707	4,250	2	,051
Pair 15	S102 - S122	-9,66667	3,21455	1,85592	-17,65205	-1,68128	-5,209	2	,035
Pair 16	S84 - S104	-40,66667	4,72582	2,72845	-52,40624	-28,92709	-14,905	2	,004
Pair 17	S84 - S124	-11,66667	3,05505	1,76383	-19,25583	-4,07750	-6,614	2	,022
Pair 18	S104 - S124	29,00000	2,64575	1,52753	22,42759	35,57241	18,985	2	,003



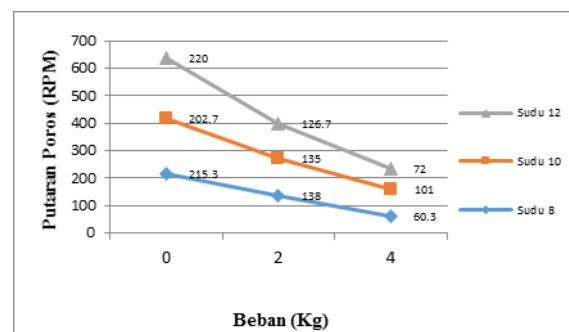
Gambar 4 Boxplot dari program SPSS untuk melihat sebaran data.

Dengan mengambil tingkat kesalahan 5%, maka perbandingan yang menghasilkan perbedaan adalah yang memiliki nilai signifikan $< 0,025$ pada perhitungan kurva normal 2 sisi, atau $< 0,05$ untuk perhitungan 1 sisi (tailed). Dari data hasil perhitungan tampak bahwa perbandingan S80-S100, S80-S120, S82-S122, S102-S122 $> 0,025$, maka nilai eksperimen S80-S100-S120 tidak berbeda, begitu juga dengan S82-S102-S122, sementara perlakuan-perlakuan yang lain menghasilkan perbedaan yang signifikan. Dengan melihat grafik boxplot dimana semua data terletak dalam range kesalahan, maka kesamaan hasil pada S80-S100-S120 dan S82-S102-S122 menunjukkan bahwa jenis perlakuannya tidak berpengaruh pada hasil.

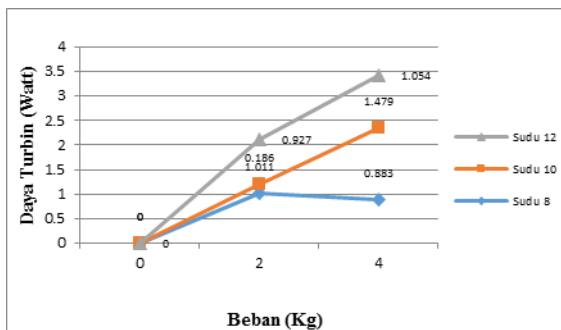
Dengan melihat hasil pengujian statistik yang menunjukkan adanya perbedaan untuk beberapa variabel, hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan bisa menghasilkan perbedaan jika dilakukan pada skala sesungguhnya. Pada skala miniatur perbedaan tersebut tidak tampak karena

keterbatasan alat ukur untuk mendapatkan angka kecil. Maka analisis dilanjutkan untuk mendapatkan hubungan variabel-variabel terikat lainnya.

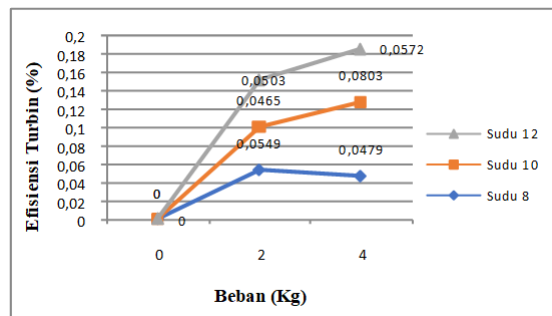
Hasil pengujian dianalisis dalam bentuk grafik yang disusun dari tabel perhitungan. Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diterima oleh poros turbin maka putaran (RPM) yang dapat dihasilkan oleh poros akan semakin menurun. Grafik hubungan antara beban terhadap daya turbin (Gambar 6) menunjukkan bahwa semakin besar pembebanan yang diberikan maka semakin besar daya turbin yang dihasilkan, akan tetapi kenaikan tersebut tidak terus menerus terjadi karena pada saat beban mencapai 4 kg daya turbin yang dihasilkan sudu 8 semakin kecil. Hal tersebut diakibatkan oleh penurunan gaya-gaya sudu, maka putaran yang terjadi pada turbin akan turun sehingga mempengaruhi nilai dari daya turbin yang dapat dihasilkan oleh turbin air. Dapat dilihat pada grafik bahwa sudu 10 mendominasi besarnya daya turbin dimana daya turbin yang dihasilkan tertinggi pada beban 4 kg dengan daya 1,479 watt.



Gambar 4 Beban F (KG) vs Putaran Poros (RPM)



Gambar 5 Hubungan Beban (Kg) vs Daya Turbin (Watt)



Gambar 6 Hubungan Beban (Kg) vs Efisiensi

Grafik hubungan antara Beban (Kg) terhadap efisiensi turbin menunjukkan bahwa beban (kg) berbanding lurus dengan efisiensi turbin hingga pada titik beban dengan nilai 2 kg, akan tetapi untuk sudu 8 mengalami penurunan pada beban 4 kg setelah beban tersebut nilai efisiensinya berbanding terbalik dengan nilai bebannya. Penurunan nilai efisiensi turbin ini diakibatkan oleh penurunan gaya-gaya yang bekerja pada sudu turbin sehingga putaran yang dihasilkan akan menurun dan otomatis daya turbin yang dihasilkan juga akan menurun. Suhu 10 memiliki efisiensi yang paling baik dari sudu lainnya yaitu pada beban 4 kg efisiensinya mencapai 8,03 % sedangkan yang terendah terjadi pada sudu 8 dengan efisinsi sebesar 4,79 %.

PENUTUP

Berdasarkan data dan hasil perhitungan penelitian didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengamatan dan grafik maka dapat disimpulkan bahwa variasi jumlah sudu 10 paling efektif dengan nilai Torsi = 0,14 kg.m, Daya aktual (BHP) = 1,479 watt, Daya teoritis (WHP) = 18,400 watt, Efisiensi = 8,03 %
2. Variasi jumlah sudu sangat berpengaruh pada putaran turbin dan daya yang dihasilkan, dimana sudu 10 merupakan sudu

yang paling baik digunakan pada uji coba Mikrohidro aliran arus bawah karna menghasilkan efisiensi yang paling besar dibanding jumlah sudu 8 dan sudu 12.

Namun demikian masih terdapat beberapa kekurangan pada penelitian ini, yaitu bahwa dalam penelitian ini tidak disinggung perancangan rangkaian listrik dalam hal pemanfaatan listrik yang digunakan untuk operasional pembangkit itu sendiri dan besarnya energi listrik yang mampu disalurkan ke konsumen. Penelitian ini juga tidak membahas desain dan konstruksi yang optimal dari turbin yang digunakan karena dimensi turbin yang digunakan mengacu pada miniatur produk. Telah dilakukan proses pendinginan pada mesin pompa disela pengujian untuk menjaga tenaga dari pompa agar tetap stabil yang mungkin bisa berpengaruh pada luaran data. Bahan runner yang digunakan kurang ringan dan kuat untuk kondisi miniatur sehingga turbin agak sulit untuk berputar otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Susaty, Anjar. 2006. *Perancangan Turbin Pelton*. Jakarta: LIPI
- Luknanto, Joko, 2007. *Diktat Kuliah: Bangunan Tenaga Air*. Yogyakarta: UGM
- Setiawan, Yohanes, 2017. *Perancangan dan Analisa Kinerja Suhu Pelton*. Malang : ITN
- Anonym, slamet wahyudi, Dhimas Nur Cahyada, Purnami, (Pengaruh variasi tebal sudu terhadap kincir air tipe sudu datar; Skripsi)
- Bono dan Indarto, 2008. *Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro*. Yogyakarta: UGM
- Yani. A, Wahyudi. S. dan Denny. W (2012) "Pengaruh variasi panjang sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik" Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology, Brawijaya Malang.
- Raharjo., T. 2008. *Pengaruh Variasi Profil Suhu Pada Runner Terhadap Efisiensi Yang Dihasilkan Oleh Turbin Air Pelton*, Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008 Semarang.
- Ahmat, Ade. 2009. *Mengukur level dengan pressure*. Teknisi Instrument. Diambil dari: <https://www.teknisiinstrument.com/2009/08/03/mengukur-level-dengan-pressure/> (15 Januari 2018).
- Zulhijal, K.2011. *Perancangan Kincir Air Untuk PLTA Mini Di Kanagirian Sungai Batuang*. Jakarta: Universitas Bung Hatta Indonesia.